

2020年度一般入学試験問題

理 科

(物理, 化学, 生物より選択)

【注意事項】

1. この問題冊子には答案用紙が挟み込まれています。試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. 試験開始後、問題冊子と答案用紙（物理，化学，生物の答案用紙すべて）の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。
3. **選択する科目の答案用紙の選択欄に○印を記入しなさい。**
 - ・一般入学試験 A 専願または、一般入学試験 A および B の併願受験者
物理，化学，生物より **2 科目** を選択
 - ・一般入学試験 B 専願受験者
物理，化学，生物より **1 科目** を選択
4. 問題冊子には、**物理計 5 問，化学計 3 問，生物計 5 問** の問題が、それぞれ物 1～物 6 ページ，化 1～化 6 ページ，生 1～生 14 ページに記載されています。落丁，乱丁および印刷不鮮明な箇所があれば，手をあげて監督者に知らせなさい。
5. 答案には，必ず鉛筆（黒，「HB」「B」程度）またはシャープペンシル（黒，「HB」「B」程度）を使用しなさい。
6. 選択した科目の解答はその答案用紙の指定された場所に記入しなさい。ただし，解答に関係のないことが書かれた答案は無効にすることがあります。
7. 問題冊子の余白は下書きに利用しても構いません。
8. 問題冊子および答案用紙はどのページも切り離してはいけません。
9. 問題冊子および答案用紙を持ち帰ってはいけません。

受験番号	
------	--

化 学

[問 1] 次の文章を読み、設問 (1) ~ (6) に答えよ。(3), (6) は答えを有効数字 2 桁で求め、計算の過程も書け。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $Na = 23$, $Ca = 40$, 気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。なお、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

石灰石は、貝やサンゴなどが堆積してできた岩石であり、日本全国に広く分布している。石灰石は主にセメントや鉄鋼の原料として使用されるが、他にも多くの用途がある。例えば、石灰石はアンモニアソーダ法で炭酸ナトリウムを製造するときの原料になる。この方法では、はじめに石灰石を熱分解して生石灰と気体 A を得る。次に、(a) 飽和食塩水にアンモニアを吹き込んだ後、気体 A を通じると、重曹が沈殿する。得られた (b) 重曹を加熱すると、炭酸ナトリウムが得られる。

石灰石から得られる生石灰は気体 B の製造に用いられる。生石灰をコークスとともに電気炉で加熱するとカーバイドが生成し、(c) カーバイドを水に浸すと気体 B が得られる。生石灰に水を加えると消石灰が生じ、(d) 生石灰 1 mol あたり 65 kJ の熱が発生する。そのため生石灰は、食品の加熱剤としても用いられる。

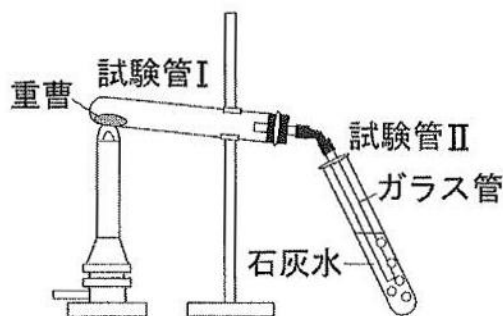
消石灰は、日本の寺院や城の白い壁にみられる“しっくい”に利用されている。消石灰に増粘剤、繊維、水などを混ぜて練ったものがしっくいである。しっくいは壁に塗ってから、長い時間をかけて徐々に固まっていく。このとき、(e) しっくい中の消石灰は空気中のある成分と反応して、水に溶けにくい物質に変化している。

設 問

- (1) 気体 A, B を化学式で書け。
- (2) 下線部 (a) ~ (d) を化学反応式で書け。
- (3) アンモニアソーダ法を用いて無水炭酸ナトリウム 5.30 kg を製造するのに必要なアンモニアの体積は、 27°C , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何 L か。ただし、用いたアンモニアは回収や再利用をしないものとする。

(4) 実験室で下線部 (b) の反応を行うために、右図の装置を用いて次のような実験を行った。

重曹の入った試験管 I をガスバーナーで加熱すると、石灰水が入った試験管 II に白色沈殿 C が生じた。さらに時間が経過すると、白色沈殿 C は消失した。



次の (i), (ii) に答えよ。

(i) 白色沈殿 C が消失したときに起った反応を化学反応式で書け。

(ii) この実験を終了するとき、ガスバーナーの火を止める前に行うべきことを、理由とともに簡潔に書け。

(5) 気体 B の性質として誤っているのはどれか。次のア～オから一つ選び、記号で書け。

ア. 酸素との反応は吸熱反応である。

イ. 赤熱した鉄に触れるとベンゼンになる。

ウ. 同温・同圧では、同体積の窒素より軽い。

エ. 分子を構成するすべての原子が一直線上にある。

オ. アンモニア性硝酸銀水溶液に通じると白色沈殿が生じる。

(6) 下線部①の反応熱を用いて、 2.0×10^2 g の弁当を 15°C から 80°C まで加熱するには、生石灰を何 g 用いればよいか。ただし、弁当の比熱（物質 1 g の温度を 1 K 上げるのに必要な熱量）は $2.0 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とする。なお、加熱中は弁当の質量と比熱は一定で、発生した熱はすべて弁当を温めるために使われるものとする。

[問 2] 次の文章を読み、設問 (1) ~ (3) に答えよ。ただし、原子量は $\text{Li} = 6.9$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$, $\text{Co} = 59$, アボガドロ定数 N_A は $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$, ファラデー定数 F は $9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

近年、パソコンやスマートフォンのような身近な電子機器の充電式バッテリーとして、リチウムイオン電池が使われることが多くなっている。リチウムイオン電池は小型で軽量であるが、電池の容量が大きく高い電圧が得られるので、様々な製品に用いられている。

リチウムイオン電池では、正極にはコバルト酸リチウム LiCoO_2 から一部のリチウムイオンが失われた $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$ が、負極にはリチウムイオンを含む黒鉛が用いられる。負極のリチウムイオンは、炭素原子 6 個につき x 個の割合で黒鉛の層間に挿入されている (Li_xC_6)。実用化されている電池では、 x の値は $0 < x < 0.5$ である。電解質溶液にはリチウムイオンを含む有機溶媒が用いられており、充電や放電で両極の間を電子が移動するときに、リチウムイオンも電解質溶液を通過して両極の間を移動する。

リチウムイオン電池を電源と接続して充電すると、正極中のコバルトが酸化され、電子が正極から負極に移動する。それに伴って、正極中のリチウムイオンも電解質溶液を通過して負極に移動する。充電の際に正極と負極で起こる反応は以下の反応式で表される。ただし、負極の反応式では、リチウムイオンを含まない黒鉛を 6C と表記する。

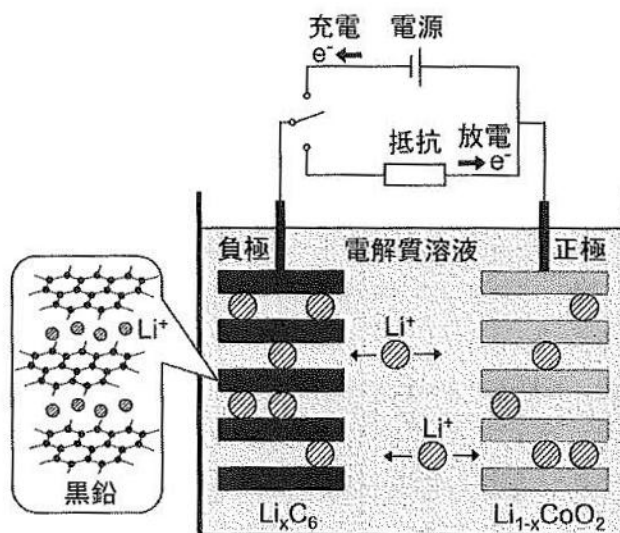
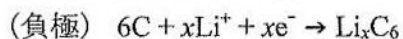
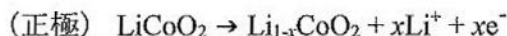


図 リチウムイオン電池



設 問

(1) リチウムイオン電池のように、充電して繰り返し使うことができる電池を、次のア～キからすべて選び、記号で書け。

- ア. 燃料電池 イ. 鉛蓄電池 ウ. 酸化銀電池 エ. ダニエル電池
 オ. リチウム電池 カ. マンガン乾電池 キ. ニッケル・水素電池

(2) リチウムに関する次の文章を読み、, に当てはまるものを、それぞれ〔選択肢〕のア～コから一つずつ選び、記号で書け。また、～ に当てはまる数を書け。

リチウムは反応性に富む金属であり、単体は 中に保存する。リチウムの化合物は 色の炎色反応を示す。

リチウムの単体の結晶構造は体心立方格子であり、単位格子には 個の原子が含まれている。単位格子中には平均すると電子が 個、陽子が 個、中性子が 個含まれている。また、この単位格子の1辺の長さを R [m] とすると、リチウムの密度 d [g/cm³] は次式で表すことができる。

$$d = \frac{\text{⑦}}{R^3} \times 10^{\text{⑧}}$$

〔選択肢〕

ア.水 イ.石油 ウ.酢酸 エ.緩衝液 オ.アルコール
カ.赤 キ.橙 ク.黄 ケ.緑 コ.青

(3) 放電によって電池から取り出すことができる電気量を電池の容量といい、その単位は A・h である。容量が 1 A・h の電池は、1 A の電流を 1 時間流すことができる。次の (i), (ii) に答えよ。答えが数値となるものは、有効数字 2 桁で書け。(ii) については計算の過程も書くこと。ただし、活物質中のリチウムイオンのうち、実際に移動できるのは全体の 34% であるとする。

(i) 次の文章を読み、～ に当てはまる語や数を書け。

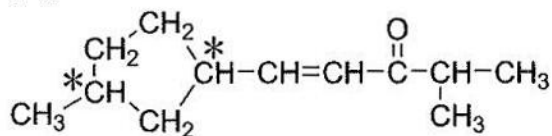
放電の際に 1.0 mol のリチウムイオンが 極から 極へ移動するリチウムイオン電池では、流れる電気量は C である。1 C は 1 A の電流が 1 秒間流れたときの電気量であるので、この電池は 1 A の電流を 時間流すことができる。仮に活物質中のリチウムイオンが全て移動できるとすると、完全に充電された状態 ($x = 1$) では正極活物質は CoO_2 、負極活物質は LiC_6 となっている。このとき、放電によって 1.0 mol のリチウムイオンが移動するには両極で合計 g の活物質が必要である。しかし、実際に移動するリチウムイオンは全体の 34% なので、この電池の活物質は両極で合計 g である。

(ii) 質量 2.0×10^2 g のスマートフォンに使われているリチウムイオン電池の容量が 3.0 A・h のとき、電池に用いられる活物質の質量の合計はスマートフォンの質量の何%か。

[問 3] 次の文章を読み、設問 (1) ~ (7) に答えよ。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$, $Na = 23$, 気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とし、気体は理想気体としてふるまうものとする。

構造式は[例]にならって書き、不斉炭素原子には“*”を付けよ。ただし、立体異性体を区別する必要はない。

[例]



化合物 A は分子式が $C_{17}H_{28}O_4$ で、2 個の不斉炭素原子と 2 個のエステル結合もつ有機化合物である。化合物 A の構造を決定するため、(実験 1) ~ (実験 5) を行った。

(実験 1) 1 mol の A に水酸化ナトリウム水溶液を加えて完全に加水分解した後、塩酸を加えて酸性にした。この溶液を分液ろうとに移し、ジエチルエーテルを加えてよくふり混ぜ、二層に分離した後、エーテル層を取り出した。

(実験 2) 実験 1 のエーテル層から溶媒を取り除いたところ、化合物 B, C, D がそれぞれ 1 mol ずつ得られた。B, D には不斉炭素原子がそれぞれ 1 個ずつ存在したが、C には不斉炭素原子は存在しなかった。また、C はカルボキシ基を 2 つもつ分子であり、D は分子式が $C_7H_{12}O$ で 6 員環構造をもつケトンであった。

(実験 3) 111 mg の B を 127°C に加熱すると全て気体となり、そのときの体積は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 49.8 mL であった。

(実験 4) 370 mg の B を完全に燃焼させると、880 mg の二酸化炭素と 450 mg の水が得られた。

(実験 5) C を加熱して分子内で脱水すると、6 員環構造をもつ酸無水物 E が得られた。

設 問

(1) 実験 3 の結果から、B の分子量を求めよ。

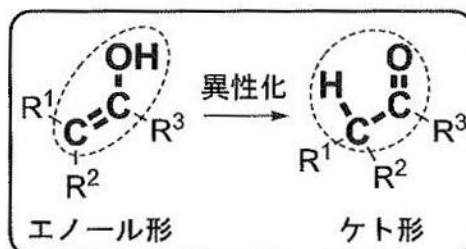
(2) 実験 4 の結果から、B の分子式を求めよ。

(3) 次の文章の ①, ② に当てはまる語や数を、ア～コから一つずつ選び、記号で書け。また、③ には構造式を書け。

(2) で求めた B の分子式より、A の加水分解で生成する B は ① 基をもつ。① 基をもつ B の構造異性体は ② 種類あるが、B は不斉炭素原子をもつため、その構造式は ③ となる。

- | | | | | |
|--------|--------|----------|----------|----------|
| ア. アミノ | イ. ニトロ | ウ. アルデヒド | エ. カルボキシ | オ. ヒドロキシ |
| カ. 3 | キ. 4 | ク. 5 | ケ. 6 | コ. 7 |

(4) カルボニル化合物には、右図のようにケト形とエノール形という 2 種類の異性体が存在する。ケト形は C=O 二重結合をもつ異性体であり、エノール形は C=C 二重結合にヒドロキシ基が直接結合した構造をもつ異性体である。一般的に、エノール形は不安定であり、安定なケト形に容易に異性化する。



実験 1, 2 で D が生成する過程でも、同様な異性化が起こっている。すなわち、D は A の加水分解によって直接生成する物質ではなく、一旦生成したエノール形の化合物がケト形に異性化することによって生成する。次の (i), (ii) に答えよ。

(i) 分子式が $C_7H_{12}O$ で 6 員環構造をもつケトンのうち、不斉炭素原子を 1 個もつものの構造式を 2 つ書け。

(ii) (i) で答えたケトンのエノール形の構造式を 4 つ書け。

(5) A, B, D の分子式から、C の分子式を求めよ。

(6) E の構造式を書け。

(7) A の構造式を書け。